

Vehicle dynamics control system using control variable derived by means of vehicle model

Veröffentlichungsnr. (Sek.) ☐ US5809444
Veröffentlichungsdatum : 1998-09-15
Erfinder : SCHUH JUERGEN (DE); LEIBELING FRANK (DE); SCHUBERT
MICHAEL (DE); HADELER RALF (US)
Anmelder :: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Veröffentlichungsnummer : ☐ DE4446582
Aktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) US19950576959 19951222
Prioritätsaktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19944446582 19941224
Klassifikationssymbol (IPC) : B60T8/58
Klassifikationssymbol (EC) : B60T8/00B10H, B60T8/00B10G
Korrespondierende
Patentschriften ☐ FR2728524, ☐ GB2296547, ☐ JP8216859

Bibliographische Daten

Detection means are provided which detect the rotational movements of the wheels, a variable which represents the steering angle, and at least one variable which represents the lateral movement and/or the yawing movement of the vehicle. Signals for influencing actuators for braking the wheels are formed by controller means as a function of the detected data in such a way that a control variable which is dependent on at least the detected lateral movement or yawing movement of the vehicle is adjusted to a desired range of control variables, that is to say the actuators are influenced in such a way that the control variable is kept within a desired range. This desired range is defined by two specific limit values.

Daten aus der esp@cenet Datenbank - - I2

Stand der Technik

Systeme zur Regelung der Fahrdynamik von Kraftfahrzeugen sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt. Hierbei werden im allgemeinen aus Meß- und Schätzgrößen Sollgrößen bestimmt, deren Einregelung mit Hilfe von individuell einstellbaren Bremsmomenten an den Radbremsen zur Stabilisierung des Fahrverhaltens beitragen. Hierbei wird im allgemeinen als Meßgröße die Radgeschwindigkeit der Räder, die Giergeschwindigkeit und der Lenkwinkel des Fahrzeugs verwendet.

Aus der DE-OS 43 05 155 ist ein modulares Fahrdynamikregelungssystem bekannt, daß hierarchisch organisiert ist und sich in einen Fahrdynamikrechner mit den unterlagerten Modulen Bremsenregelung und in weiterer Ausbildung Hinterachslenkung gliedert. Diesen Modulen sind die Stellsysteme Radregler und hydraulische Hinterachslenkung untergeordnet. Durch solche Fahrdynamikregelungssysteme wird vor allem der untrainierte Fahrer bei kritischen Fahrsituationen unterstützt. Das Fahrzeug wird auch bei extremen Situationen stabilisiert, die Abbremsung kann bei kritischen Situationen selbständig, das heißt ohne daß der Fahrer das Bremspedal bedient, erfolgen. In der DE-OS 43 05 155 wird die Giergeschwindigkeit, das heißt die Bewegung des Fahrzeugs um die Fahrzeughochachse, geregelt. Wird ein niedriger Reibwert der Fahrbahn detektiert, so wird der Sollwert für die Giergeschwindigkeit kurzzeitig verringert. Bei hoher Regeldifferenz erfolgt ein aktiver Bremseingriff.

Beim Gegenstand der DE-OS 42 22 958 werden vier fahrdynamische Situationen, in der sich ein Fahrzeug augenblicklich befinden kann, nämlich Split-Bremssung, Kurvenfahrt, Spurwechsel und Geradeausfahrt erkannt. Zum Erkennen dieser vier Fahrsituationen liegen folgende vier Meßsignale vor: Vorderradlenkwinkel, Fahrzeuggeschwindigkeit, linker und rechter Vorderradbremsdruck. Aus diesen vier Meßsignalen werden verschiedene Größen abgeleitet, aus denen sich Anhaltspunkte zur Unterscheidung der obengenannten Situationen ergeben. Je nach erkannter Fahrsituation werden unterschiedliche eigene Regelstrategien durch verschiedene Regler gewählt.

Ebenso ist aus der DE-OS 42 21 030 ein Verfahren zum Erkennen der Fahrsituation bei einem Fahrzeug bekannt, bei dem durch Auswertung einer möglichst geringen Anzahl im Fahrzeug zur Verfügung stehender Meßsignale online die momentan vorliegende Fahrsituation erkannt wird. Dies geschieht durch Einsatz von Fuzzy-Logik. Auch hier werden je nach erkannter Situation (gebremste Kurvenfahrt, μ -Split) eigene Regelstrategien durch verschiedene Regler der Situation angepaßt.

Aus der DE-OS 41 21 954 ist ein Verfahren zur Gewinnung der Giergeschwindigkeit und/oder Quergegeschwindigkeit bekannt.

Gemessen wird hierzu der Lenkwinkel des Fahrzeugs und die Querbewegung.

Verfahren zur Schleudererkennung innerhalb eines Fahrdynamikregelsystems sind beispielsweise aus der DE-OS 38 27 883 und der DE-OS 42 19 750 bekannt.

Konventionelle Antiblockiersysteme für Personenkraftwagen oder Nutzkraftwagen sind beispielsweise aus "Kraftfahrtechnisches Taschenbuch", 21. Auflage,

1991, Seite 610 bis 619 und Seite 639 bis 643 bzw. "Automotive Handbook", Third Edition, 1993, Seiten 610 bis 619 und Seiten 639 bis 643 bekannt. Aus diesem Stand der Technik sind auch unterschiedliche Systeme zur Steuerung bzw. Regelung des Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs bekannt (Seite 536 bis 559). Hierzu gehören beispielsweise bekannte Antriebsschlupfregelungssysteme und Getriebesteuerungssysteme.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Fahrdynamikregelsystem zu entwerfen, bei dem die Fahrzeugstabilität innerhalb bestimmter Grenzen gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Fahrdynamikregelsystem zur Regelung einer die Bewegung eines Fahrzeugs repräsentierenden Bewegungsgröße weist wenigstens Aktuatoren zur Aufbringung einer Bremskraft an den Fahrzeugrädern auf. Darüber hinaus sind in bekannter Weise Erfassungsmittel vorgesehen, die die Drehbewegungen der Räder, eine den Lenkeinschlag repräsentierende Größe und wenigstens eine die Querbewegung und/oder die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierende Größe erfaßt. Durch Reglermittel werden abhängig von den erfaßten Daten Signale zur Beeinflussung der Aktuatoren gebildet. Dies geschieht derart, daß eine wenigstens von der erfaßten Querbewegung oder Gierbewegung des Fahrzeugs abhängige Regelgröße auf eine Führungsgröße geregelt wird. Der Kern der Erfindung besteht nun darin, daß die Regelgröße auf einen Regelgrößen-Sollbereich geregelt wird, das heißt, daß die Beeinflussung der Aktuatoren derart geschieht, daß die Regelgröße innerhalb eines Sollbereichs gehalten wird. Dieser Sollbereich wird durch zwei bestimmte Grenzwerte angegeben.

Die Ziele der Fahrdynamikregelung, Stabilität und Handling zu verbessern, werden durch eine Fahrzeugregelung realisiert. Die Regelung erreicht durch einen Soll-Ist-Vergleich einer Fahrzeugbewegungsgröße, im allgemeinen gebildet aus der erfaßten Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder der erfaßten Querbewegung, daß die Fahrzeugquerdynamik einem Sollverhalten angenähert wird. Das Sollverhalten beinhaltet den Fahrerwunsch (Handling) und gewährleistet darüber hinaus eine Begrenzung des Schwimmwinkels (Stabilität). Die Erfindung hat den Vorteil, daß anstelle eines einzigen Sollwertes als Führungsgröße das erfindungsgemäße Sollband für die Regelgröße eine getrennte und problemangepaßte Festlegung der oberen und unteren Bandgrenze ermöglicht. Anstelle eines eindeutigen Sollwertes, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, wird also erfindungsgemäß ein Sollbereich mit einer oberen und einer unteren Grenze für die Fahrzeugbewegungsgröße vorgegeben. Die obere Bandgrenze kann dabei hinsichtlich Stabilität beziehungsweise Schwimmwinkelbegrenzung und die untere Bandgrenze bezüglich Lenkfähigkeit gewählt werden. Dieser Sollbereich gibt also die maximal erlaubte und die mindestens geforderte Querdynamik des Fahrzeugs an. Die obere Grenze des Sollbereichs beschreibt ein Fahrzeugverhalten, das in Dynamik und Betrag geringfügig über der natürlichen Fahrzeugbewegung liegt und die Stabilitätsgrenze angibt. Die untere Grenze gibt die auch unter ungünstigen Bedingungen mindestens geforderte Fahrzeugreaktion auf Lenkbewegungen des Fahrers an (im

allgemeinen unterhalb der natürlichen Fahrzeugbewegung). Der erfindungsgemäße Regler greift über die Aktuatoren nur dann in die Fahrzeugbewegungen ein, wenn die Regelgröße außerhalb des Sollbereichs liegt. Um einen rechtzeitigen Eingriff sicherzustellen, kann die Ansteuerung bereits dann erfolgen, wenn feststeht, daß die Regelgröße den Sollbereich verlassen wird. Durch die erfindungsgemäße Vorgabe des Sollbereichs werden somit unnötige Eingriffe des Fahrzeugreglers vermieden.

Vorteilhafterweise sind Mittel zur Bestimmung der Grenzwerte, die das Sollband bestimmen, vorgesehen. Diese Grenzwerte werden wenigstens abhängig von den Größen bestimmt, die durch die Erfassungsmittel erfaßt werden. Insbesondere ist vorgesehen, daß die zwei Grenzwerte unabhängig voneinander bestimmt werden. Durch die getrennte Festlegung der Bereichsgrenzen ist eine problemangepaßte Berechnung möglich. Zur Beispiel kann die Verwendung unterschiedlicher Fahrzeugmodelle und Dynamik für die obere (Stabilität) und die untere Grenze (Lenkfähigkeit) vorteilhaft sein.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zusätzlich zu den erwähnten Reglermitteln weitere Reglermittel vorgesehen sind, die die Aktuatoren im Sinne der Regelung einer weiteren Regelgröße ansteuern. Diese weitere Regelgröße ist unterschiedlich zu der schon beschriebenen, die innerhalb des beschriebenen Sollbands geregelt wird. Die weitere Regelgröße wird insbesondere abhängig von den erfaßten Drehbewegungen der Räder ermittelt und kann der aus den erfaßten Drehbewegungen der Räder abgeleitete Radschlupf und/oder die Radverzögerung sein. Insbesondere ist vorgesehen, daß als weitere Reglermittel unterlagert zu den schon beschriebenen Reglermitteln ein Antiblockiersystem Verwendung findet.

Diese Ausgestaltung der Erfindung hat den Vorteil, daß der Fahrzeugregler erst dann in die Regelung des unterlagerten Antiblockiersystems eingreift, wenn die dem überlagerten Fahrzeugregler zugrundeliegende Regelgröße den zulässigen Bereich verlassen hat, verläßt oder verlassen wird. Dadurch werden unnötige Eingriffe vermieden, im Falle einer Vollbremsung kann der unterlagerte Antiblockierregler über längere Phasen ungestört regeln.

Weiterhin ist vorgesehen, daß innerhalb der ersten Reglermittel Mittel zur Situationserkennung vorgesehen sind. Hierdurch werden ausgehend von den erfaßten Daten Größen ermittelt, die die momentane Fahr-situation des Fahrzeugs beschreiben. Insbesondere ist vorgesehen, daß eine Schleudererkennung abhängig vom erfaßten Lenkeinschlag und von der erfaßten Fahrzeugquerbewegung und/oder Gierbewegung mittels eines Fahrzeugmodells eine die Fahrstabilität repräsentierende Größe bildet. Eine μ -Split-Erkennung liefert abhängig von dem erfaßten Lenkeinschlag und der erfaßten Fahrzeugquerbewegung und/oder Gierbewegung eine Größe, die dafür repräsentativ ist, ob die Reibwerte der Fahrbahn auf der rechten und linken Fahrzeugseite in einem bestimmten Maß unterschiedlich sind. Eine Reibwerterkennung weist als Ausgangssignal einen den Reibwert der Fahrbahn repräsentierende Größe auf. Diese wird abhängig von dem erfaßten Lenkeinschlag und von der erfaßten Querbewegung und/oder Gierbewegung des Fahrzeugs ermittelt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Zeichnung besteht aus den Fig. 1 bis 8, die jeweils Blockschaltbilder zur Beschreibung der Erfindung zeigen. Dabei zeigen die Figuren die Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen in verschiedenen Detaillierungsgraden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe der Zeichnung beschrieben werden.

Die Fig. 1 zeigt hierzu einen ersten Reglerteil 102 und einen zweiten Reglerteil 101. Dem zweiten Reglerteil werden Signale δv eines Lenkwinkelsensors zugeführt. Weiterhin werden den zweiten Reglermitteln 101 Signale eines Sensors 104 zugeleitet. Der Sensor 104 kann als Querschleunigungssensor die Querschleunigung a_y des Fahrzeugs an einem bestimmten Ort des Fahrzeugs und/oder die Gierwinkelgeschwindigkeit ω , das heißt die Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse des Fahrzeugs sensieren. Weiterhin werden den zweiten Reglermitteln 101 die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x und die Signale T_{ij} zugeführt. Die Signale T_{ij} repräsentieren dabei die Ansteuerzeiten der noch zu beschreibenden Aktuatoren 106ij. Der Index i gibt an, ob sich die jeweilige Größe beziehungsweise der jeweilige Aktuator oder Sensor an der Hinter- oder Vorderachse befindet. Der Index j zeigt die Zuordnung zur rechten oder linken Fahrzeugseite an.

Die ersten Reglermittel 102, die im allgemeinen in dieser Ausführungsform als Antiblockiersystem ausgelegt sind, verarbeiten die Signale N_{ij} von Raddrehzahl-sensoren 103ij. Abhängig von den Raddrehzahlen werden in den ersten Reglermitteln 102 Größen gebildet, die den Radschlupf und/oder die Radverzögerung repräsentieren. Zur Regelung beziehungsweise Steuerung dieser Größen werden die Radbremsen 106ij durch die Ansteuersignale A_{ij} angesteuert. Die schon erwähnten Signale T_{ij} geben die Ansteuerzeiten der einzelnen Radbremsen an. Diese Ansteuerzeiten T_{ij} sowie die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x werden im ersten Reglerteil 102 gebildet und, wie erwähnt, den zweiten Reglermitteln 101 zugeführt. Statt der Ansteuerzeitsignale T_{ij} können auch die Bremsdrücke an den einzelnen Radbremsen gemessen werden. Hierzu ist jedoch eine erweiterte Sensorik notwendig.

In der Fig. 1 ist weiterhin innerhalb des zweiten Reglerteils 101 eine Überwachungseinheit 110 eingezeichnet, die die Eingangssignale der Sensoren 104 und 105 überwacht und gegebenenfalls auf die Ausgangssignale S_{ij} des zweiten Reglerteils 101 einwirken kann.

Die Funktion des ersten Reglerteils 102 beziehungsweise des ersten Moduls soll hier nicht näher beschrieben werden, da es sich hier um ein aus dem Stand der Technik hinreichend bekanntes Antiblockiersystem handelt. Es kann hierzu auf den beispielsweise in der Beschreibungseinleitung erwähnten einschlägigen Stand der Technik verwiesen werden. Die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x wird ebenfalls in bekannter Weise aus den Raddrehzahlen N_{ij} gebildet. Hierzu können beispielsweise die Drehzahlen N_{ij} der Räder gewichtet verknüpft werden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist lediglich zu erwähnen, daß mittels des ersten Reglerteils abhängig von den Raddrehzahlen N_{ij} die Radbremsen 106ij im Sinne einer Regelung des Radschlupfes und/oder der Radverzögerung angesteuert werden. In diese Ansteuerungen greift

der zweite Reglerteil 101 durch die Ausgangssignale S_{ij} im Bedarfsfall ein. Zur näheren Erläuterung soll nun zur Fig. 2 übergegangen werden.

Die Fig. 2 zeigt detaillierter den zweiten Reglerteil beziehungsweise das zweite Modul 101. Hier erkennt man die Aufteilung des Moduls 101 in ein erstes Submodul 201, ein zweites Submodul 202 und ein drittes Submodul 203. Dem ersten Submodul werden die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x von dem ersten Reglerteil 102, der Lenkwinkel δ_v des Sensors 105 und die Fahrzeugquergeschleunigung a_y und/oder die Gierwinkelgeschwindigkeit ω des Sensors beziehungsweise der Sensoren 104 zugeführt. Weiterhin werden dem ersten Submodul 201 die Ausgangssignale $f_{z_{stab}}$, w_{split} und μ des noch zu beschreibenden dritten Submoduls 203 zugeleitet. Abhängig von den Eingangssignalen wird im ersten Submodul 201 ein durch die Grenzen $f_{z_{min}}$ und $f_{z_{max}}$ gekennzeichnete Führungsgrößen- bzw. Regelgrößen-Sollbereich gebildet. Zur genaueren Funktion des ersten Submoduls 201 soll auf die Fig. 5 und 6 verwiesen werden. Zusammenfassend kann an dieser Stelle gesagt werden, daß mittels des ersten Submoduls 201 zur erfindungsgemäßen Regelung die Führungsgröße beziehungsweise ein Regelgrößen-Sollbereich gebildet wird.

Dem zweiten Submodul 202 wird die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (Ausgangssignal des ersten Reglerteils 102) und die Fahrzeugquergeschleunigung a_y und/oder die Gierwinkelgeschwindigkeit ω (Ausgangssignal des Sensors 104) zugeleitet. Weiterhin liegen am zweiten Submodul 202 die schon erwähnten Ausgangssignale des noch zu beschreibenden dritten Submoduls 203 an. Das zweite Submodul wird zwar genauer anhand der Fig. 3 beschrieben werden, man kann aber schon an dieser Stelle zusammenfassend sagen, daß hier abhängig von der erfaßten Fahrdynamik des Fahrzeugs eine Regelgröße $f_{z_{ist}}$ gebildet wird. Diese Regelgröße wird mit der im ersten Submodul 201 gebildeten Führungsgröße beziehungsweise dem Regelgrößen-Sollbereich ($f_{z_{min}}$, $f_{z_{max}}$) verglichen, wobei die Signale S_{ij} zur Beeinflussung der Radbremsen 106 $_{ij}$ im Sinne einer Annäherung der Regelgröße an die entsprechende Führungsgröße beziehungsweise einem im Sinne eines Verbleibens der Regelgröße im Führungsgrößen- bzw. Regelgrößen-Sollbereich gebildet werden. Das zweite Submodul 202 stellt also den eigentlichen Reglerkern dar. Die genauere Funktion wird anhand der Fig. 3 beschrieben.

Dem dritten Submodul 203 werden die erwähnten Bremsansteuerzeiten T_{ij} von dem ersten Reglerteil 102, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x , der Lenkwinkel δ_v und die Fahrzeugquergeschleunigung a_y beziehungsweise die Gierwinkelgeschwindigkeit ω zugeführt. Durch das dritte Submodul 203 werden Ausgangsgrößen $f_{z_{stab}}$, w_{split} und μ gebildet, die die momentane Fahrsituation beziehungsweise Umwelteinflüsse, denen das Fahrzeug unterliegt, beschreiben. Zur genaueren Funktion des dritten Submoduls 203 soll auf die Fig. 4 verwiesen werden.

Zusammenfassend zeigt die Fig. 2 einen modularen Aufbau des zweiten Reglerteils 101.

Die Fig. 3 zeigt die genauere Funktion des zweiten Submoduls 202. In der Einheit 302 wird dabei abhängig von der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x und abhängig von der Fahrzeugquergeschleunigung a_y und/oder abhängig von der Gierwinkelgeschwindigkeit ω eine Regelgröße $f_{z_{ist}}$ gebildet. Dies geschieht dadurch, daß in der Einheit 302 ein Fahrzeugmodell (bzw. durch eine einfache, auf der Fahrzeuggeometrie basierende Berechnungsvorschrift) abgelegt ist. Abhängig von den er-

faßten, die momentane Fahrdynamik des Fahrzeugs repräsentierenden Größen Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und Fahrzeugquerbeziehungsweise Giergeschwindigkeit kann in bekannter Weise mittels eines Fahrzeugmodells ein aktueller Wert $f_{z_{ist}}$ der Regelgröße ermittelt werden. Diese Regelgröße wird der Einheit 301 zur Ermittlung der Regelabweichung zugeleitet. Weiterhin liegen an der Einheit 301 die Grenzen $f_{z_{min}}$ und $f_{z_{max}}$ des Regelgrößen-Sollbereichs an. Zusätzlich wird der Einheit 301 noch die Größe w_{split} (Ausgangsgröße des dritten Submoduls 203) zugeleitet. In der Einheit 301 wird nun die Regelgröße $f_{z_{ist}}$ mit dem Regelgrößen-Sollbereich, der durch die Grenzen $f_{z_{min}}$ und $f_{z_{max}}$ bestimmt wird, verglichen. Liegt die Regelgröße $f_{z_{ist}}$ nicht innerhalb des Regelgrößen-Sollbereichs, so liegt ausgangseitig der Einheit 301 ein entsprechendes Regelabweichungssignal e_{fz} an. Bei der Bildung des Regelabweichungssignal e_{fz} kann zusätzlich noch das Signal w_{split} des dritten Submoduls 203 verwendet werden. Wie noch anhand der Fig. 4 zu beschreiben ist, gibt dieses Signal an, ob sich das Fahrzeug in einer sogenannten μ -Split-Situation befindet, das heißt, ob die Reibwerte der Fahrbahn auf der rechten und linken Fahrzeugseite in einem gewissen Maß unterschiedlich sind. Das Regelabweichungssignal e_{fz} wird nun zum einen dem Regler für die Hinterachse 303 und dem Regler für die Vorderachse 304 zugeführt. Hier werden aus der Regelabweichung e_{fz} Signale zur Ansteuerung der Radbremsen an der Hinterbeziehungsweise Vorderachse unter Berücksichtigung des ermittelten Reibwertes μ gebildet. Je nach dem, ob das Fahrzeug über- oder untersteuert, werden also einzelne Räder über- beziehungsweise unterbremsst. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Regelgröße $f_{z_{ist}}$ wieder in den Regelgrößen-Sollbereich zurückgeführt wird. Die Ansteuersignale für die Radbremsen können durch den Zusatzregler 310 modifiziert werden. Solche Modifikationen durch den Zusatzregler 310 kommen insbesondere dann zum Einsatz, wenn durch das dritte Submodul 203 die schon beschriebenen μ -Split-Bedingungen erkannt werden, das heißt, daß erkannt wird, wenn die Reibwerte der Fahrbahn auf der rechten und linken Fahrzeugseite extrem unterschiedlich sind. Hierzu wird im Zusatzregler 310 das entsprechende Signal w_{split} des dritten Submoduls 203 zugeführt. Optional kann dem Zusatzregler 310 auch noch ein die Querbeschleunigung a_y und/oder die Gierwinkelgeschwindigkeit ω repräsentierendes Signal zugeleitet werden. Durch den Zusatzregler 310 wird gezielt das Hinterrad unterbremsst, das sich auf der Fahrbahn mit dem höheren Reibwert bewegt. Gegebenenfalls kann, wie mit der gestrichelten Linienführung angedeutet, ein zusätzlicher Eingriff an den Vorderachsbremsen vorgehen werden.

Durch den Zusatzregler aktive Bremse 311 können auch Bremsengriffe realisiert werden, obwohl der Fahrer des Fahrzeugs das Bremspedal nicht betätigt. Ohne den Zusatzregler aktive Bremse 311 werden durch die Ausgangssignale S_{ij} des zweiten Submoduls 202 beziehungsweise des zweiten Reglerteils 101 lediglich die vom ersten Reglerteil 102 ausgehenden Ansteuersignale für die Radbremsen modifiziert. Dies geschieht, indem ein durch den ersten Reglerteil 102 anliegender Bremsdruck an einem Rad durch die Signale S_{ij} entweder erhöht oder erniedrigt wird. Wünscht der Fahrer des Fahrzeugs keinen Bremsvorgang (keine Bremspedalbetätigung), so wird im allgemeinen durch das Antiblockiersystem 102 kein Bremsdruck aufgebaut. Wird nun durch den zweiten Reglerteil 101 beziehungsweise

durch die beschriebenen Reglerabweichungen im zweiten Submodul 202 ein Über- oder Unterbremsen eines Rades zur Aufrechterhaltung der Fahrstabilität gewünscht, so kann dies in diesem Falle nicht durch Modifikation der Ansteuersignale Aij des Antiblockiersystems 102 geschehen. Mittels des Signals S1 meldet das Antiblockiersystem 102 an den Zusatzregler 311, daß kein Bremswunsch des Fahrers vorliegt und somit kein entsprechender Druck aufgebaut ist. Wird nun durch Abgreifen der Signale Sij durch den Zusatzregler 311 festgestellt, daß einzelne Radbremzen zu betätigen sind, so wird durch das Signal S2 vom Zusatzregler 311 an das Antiblockiersystem 102 der entsprechende Bremsdruck zur Verfügung gestellt. Beispielsweise kann durch den Zusatzregler für aktive Bremse 311 gezielt ein Vorderrad überbremst werden, obwohl der Fahrer das Bremspedal nicht betätigt. Gegebenenfalls können selbstverständlich zusätzlich weitere Räder abgebremst werden.

Anhand der Fig. 4 soll nun die Funktionsweise des dritten Submoduls 203 beschrieben werden. Dieses Submodul besteht aus einer Schleudererkennung 401, einer μ -Split-Erkennung 402 und einer Reibwerterkennung 403.

Der Schleudererkennung 401 werden die Lenkwinkelsignale δv (Sensor 105), die Querschleunigung a_y und/oder die Gierwinkelgeschwindigkeit ω (Sensor 104) und die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x zugeführt. In bekannter Weise werden nun in der Schleudererkennung 401 die gemessenen fahrdynamischen Daten mit einem Referenzmodell des Fahrzeugs verglichen. Dieses Referenzmodell gibt an, bei welchen fahrdynamischen Daten das Fahrzeug noch beherrschbar beziehungsweise stabil ist. Abhängig von diesem Vergleich wird als Ausgangsgröße der Schleudererkennung 401 die Größe fz_{stab} gebildet. Diese Größe kann entweder zwei oder mehrere diskrete Werte annehmen oder kontinuierlich angeben, inwieweit das Fahrzeug noch stabil ist.

In der μ -Split-Erkennung 402 wird ausgehend von Signalen des Lenkwinkelsensors, des Fahrzeugquerbeschleunigungs- und/oder des Giergeschwindigkeitssensors, der Ansteuerzeit T_{ij} der einzelnen Radbremzen und der Fahrzeuggeschwindigkeit V_x die Größe w_{split} gewonnen. Diese Größe w_{split} gibt an, ob sich die Fahrbahnreibwerte auf der rechten und linken Fahrzeugseite unterscheiden. Aus den Ventilansteuerzeiten T_{ij} , die dem Antiblockiersystem 102 entnommen werden können, können die Druckdifferenzen der einzelnen Radbremzen berechnet werden. Vergleicht man nun diese Bremsdruckreferenzen mit dem aktuellen Lenkwinkel und der aktuellen Querschleunigung (oder optional der aktuellen Gierwinkelgeschwindigkeit), so kommt man zu einem Maß dafür, inwieweit sich die Reibwerte der Fahrbahn auf der rechten und linken Fahrzeugseite unterscheiden. Statt der Ventilansteuerzeiten T_{ij} können selbstverständlich auch direkt die Bremsdrucke der einzelnen Radbremzen detektiert werden, was allerdings eine erweiterte Sensorik erfordert. Das Ausgangssignal w_{split} der μ -Split-Erkennung 402 kann entweder digital (μ -Split-Bedingung ja oder nein), mehrstufig oder kontinuierlich ausgelegt sein.

Der Reibwerterkennung 403 werden die Signale des Lenkwinkels, der Fahrzeugquerbeschleunigung und/oder der Gierwinkelgeschwindigkeit und der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit zugeführt. Auch in der Reibwerterkennung 403 findet in bekannter Weise ein Vergleich mit einem Referenzmodell des Fahrzeugs statt, wobei als Vergleichsergebnis ein Reibwertsignal μ ausgangs-

seitig anliegt.

Durch die beschriebene Situationserkennung 203 (drittes Submodul) kann also der gesamte Regler Teil 101 sehr genau an die jeweilige Fahrsituation beziehungsweise an die momentan vorliegende Umweltsituation, der das Fahrzeug unterliegt, angepaßt werden.

Die Fig. 5 zeigt die genauere Funktionsweise des ersten Submoduls 201. Einer Einheit 501 wird insbesondere der Lenkwinkel δv und die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x zugeführt. Mittels eines Fahrzeugmodells wird nun eine Führungsgröße gebildet. Eine Besonderheit dieses Teils des Ausführungsbeispiels besteht darin, daß der schon erwähnte Regelgrößen-Sollgrößenbereich berechnet wird. Dies kann, neben dem Lenkwinkel δv und der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x , abhängig von den Ausgangssignalen des dritten Submoduls 203 geschehen. Hierzu soll näheres anhand der Fig. 6 beschrieben werden.

In der Einheit 601 der Fig. 6 wird abhängig vom detektierten Lenkwinkel δv , der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x und dem Ausgangssignal der μ -Split-Erkennung (drittes Submodul 203) eine erste obere Grenze fz_{lmax} und eine untere Grenze fz_{lmin} ermittelt. Durch die Einheit 601 wird also zunächst aus der Lenkbewegung des Fahrers mit einem Fahrzeugmodell ein Sollbereich für eine Fahrbahn mit einem Hochreibwert abgeleitet. Dieser erste Sollbereich wird nun durch eine Reibwertanpassung (605 bzw. 602) korrigiert, um ein Schleudern des Fahrzeugs bei glatter Fahrbahn zu verhindern. Hierzu werden der Reibwertbegrenzung 605 die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x , die Führungsgröße fz_{soll} und der im dritten Submodul ermittelte Reibwert μ der Fahrbahn zugeführt. Hieraus wird die Größe fz_{μ} ermittelt, die die in der Einheit 601 ermittelten Grenzen korrigiert. Diese korrigierten Grenzen sind in der Fig. 6 mit $fz_{\mu max}$ und $fz_{\mu min}$ bezeichnet.

Tritt dennoch eine Schleudertendenz auf, durchläuft der Sollbereich eine weitere Anpassung (606, 603), um das Fahrzeug zu stabilisieren. Hierzu wird der Stabilisierung 606 die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x , die berechnete Führungsgröße fz_{soll} , der ermittelte Reibwert μ der Fahrbahn und die Stabilitätsgröße fz_{stab} zugeführt. Zur Korrektur der Grenzen wird ausgangsseitig der Stabilisierung 606 die Größe f_{β} gebildet und in der Verknüpfung 603 multiplikativ bei der Grenzbildung berücksichtigt.

Der so bestimmte stationäre Sollbereich (Ausgang der Multiplikationsstufe 603) wird schließlich mittels der Einheit 607 beziehungsweise 604 mit einer gewünschten Solldynamik versehen. Hierzu wird der Dynamikanpassung 607 die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_x und die Stabilitätsgröße fz_{stab} (Ausgangssignal des dritten Submoduls 203) zugeführt. Ausgangsseitig der Einheit 607 liegt dann das Dynamiksignal T , mit dem mittels der Einheit 604 der stationäre Sollbereich dynamisiert wird. Dieser dynamisierte Sollbereich weist dann die schon erwähnten Grenzen fz_{max} und fz_{min} auf.

In der Einheit 502 werden also die einzelnen Berechnungsschritte der jeweils vorliegenden Fahrsituation (μ -Split, schleuderndes, ungebremstes, vollgebremstes Fahrzeug) angepaßt. Außerdem kann in jedem Berechnungsschritt die Methode der Fuzzy-Logik angewendet werden.

Zusammenfassend ist zu der Regelgrößen-Sollbereichsbestimmung 502 zu sagen, daß anstelle eines eindeutigen Sollwertes ein Sollbereich (fz_{min} , fz_{max}) für die Fahrzeugbewegungsgröße fz vorgegeben wird, der die maximal erlaubte und die mindestens geforderte Quer-

dynamik des Fahrzeugs angibt. Die obere Grenze $f_{z\max}$ des Sollbereichs beschreibt ein Fahrzeugverhalten, das in Dynamik und Betrag geringfügig über der natürlichen Fahrzeugbewegung liegt und die Stabilitätsgrenze angibt. Die untere Grenze $f_{z\min}$ gibt die auch unter ungünstigen Bedingungen mindestens geforderte Fahrzeugreaktion auf Lenkbewegungen an (unterhalb der natürlichen Fahrzeugbewegung). Durch die getrennte Festlegung der Bereichsgrenzen ist eine problemangepasste Berechnung möglich, zum Beispiel die Verwendung unterschiedlicher Fahrzeugmodelle und Dynamik für obere (Stabilität) und untere Grenze (Lenkfähigkeit). Der zweite Reglerteil muß erst dann eingreifen, wenn die Fahrzeugbewegungsgröße f_z den zulässigen Bereich, beschrieben durch das Sollband, verläßt. Dadurch werden unnötige Eingriffe vermieden, im Falle der Vollbremsung kann das unterlagerte ABS 102 über längere Phasen ungestört regeln. Insbesondere kann vorgesehen sein, daß nicht erst dann eine Ansteuerung erfolgt, wenn die Regelgröße außerhalb des Sollbereichs liegt. Um einen rechtzeitigen Eingriff sicherzustellen, erfolgt bereits dann eine Ansteuerung, wenn feststeht, daß die Regelgröße den Sollbereich verläßt oder verlassen wird. Hierzu kann beispielsweise das zeitliche Verhalten der Regelgröße F_z ausgewertet werden.

Anhand der Fig. 7 soll nun die Erweiterung des Ausführungsbeispiels auf weitere Subsysteme neben dem beschriebenen Antiblockiersystem 102 ausgeführt werden. Mit dem Bezugszeichen 101 ist wiederum der schon beschriebene zweite Reglerteil gekennzeichnet, der abhängig von Sensorsignalen in der beschriebenen Weise Ansteuersignale für die verschiedensten Aktuatoren liefert. Im bisher beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde die Modifikation von Bremssignalen im Rahmen eines Antiblockiersystems 102 dargelegt. Darüber hinaus können aber erfindungsgemäß noch weitere Subsysteme durch den zweiten Reglerteil 101 beeinflußt werden. Hierbei sei insbesondere an eine bekannte Antriebs-schlupfregelung 111 gedacht, mittels der der Radschlupf durch Bildung von Ansteuersignalen zur Ansteuerung von Stellgliedern zur Reduzierung des Radantriebsmoments geregelt wird. Weiterhin ist als Subsystem eine Getriebesteuerung 112 vorgesehen, mittels der das Übersetzungsverhältnis zwischen dem Fahrzeugmotor und den Rädern durch Bildung von Ansteuersignalen zur Ansteuerung von Stellgliedern geregelt beziehungsweise gesteuert wird. Hierdurch gelangt man zu einer modularen Fahrdynamikregelung, die "aufwärtskompatibel" zu vorhandenen Serienreglern 102, 111 und 112 ist. Es wird hierdurch eine hierarchisch strukturierte, modulare Fahrdynamikregelung mit einem übergeordneten Regler 101 für die Fahrzeugbewegung und unterlagerten Reglern für Bremsvorgänge 102 beziehungsweise Antriebsstrang 111, 112 erreicht. Hierbei können die unterlagerten Regler 102, 111, 112 konventionelle Serienregler, die lediglich zusätzlich mit einer Schnittstelle versehen sind, sein.

Insbesondere ist vorgesehen, daß Überwachungsmittel 110 die korrekte Funktion des zweiten Reglerteils 101 und/oder der Sensorik 104, 105, insbesondere der Sensorik, deren Signale ausschließlich dem Reglerteil 101 zugeführt werden, überwachen. Wird nun durch die Überwachungsmittel 110 eine nicht korrekte Funktion des Reglerteils 101 und/oder der Sensorik 104, 105 festgestellt, so werden die Ausgangssignale des zweiten Reglerteils 101 im einfachsten Fall unterbunden. Die unterlagerten Regler 101, 111 und 112 gehen dann in

einen Notlauf, der dem Stand alone Serienstand entspricht.

Auf eine weitere Besonderheit der Erfindung soll anhand der Fig. 8 hingewiesen werden. Die reglerinternen Größen, die in den zweiten Reglermitteln 101 Verwendung finden, also die Führungsgröße $f_{z\text{soll}}$, die Regelgröße $f_{z\text{ist}}$ und die Fahrsituationsgrößen $f_{z\text{stab}}$, w_{split} und μ , werden, wie beschrieben, aus sensorisch ermittelten Daten abgeleitet. Diese reglerinternen Größen können jedoch mit verschiedenen Sensorkonfigurationen erfaßt werden. Hierzu ist in der Fig. 8 als erste Sensorkonfiguration 801 ein Lenkwinkelsensor 105 und ein Giergeschwindigkeitssensor 104a gezeigt. Eine zweite Sensorkonfiguration zur Ermittlung der reglerinternen Größen ist mit dem Block 802 gekennzeichnet und besteht wiederum aus dem Lenkwinkelsensor 105 und dem Querbeschleunigungssensor 104b. Eine dritte Sensorkonfiguration 803 besteht wieder aus dem Lenkwinkelsensor 105, dem Giergeschwindigkeitssensor 104a und dem Querbeschleunigungssensor 104b. Weiterhin ist in der Fig. 8 als vierte Sensorkonfiguration ein Lenkwinkelsensor 105 und mehrere Querbeschleunigungssensoren 104b und 104b' dargestellt, wobei die Querbeschleunigungssensoren 104b und 104b' an verschiedenen Stellen des Fahrzeugs angebracht sind. Aus den Signalen aller vier Sensorkonfigurationen können die beschriebenen reglerinternen Größen abgeleitet werden. Erfindungsgemäß wird nun der zweite Reglerteil 101 in zwei Bereiche aufgeteilt, wobei ein erster Bereich an die jeweils gewählte Sensorkonfiguration 801, 802, 803 oder 804 angepaßt ist, während der zweite Bereich 101a unabhängig von der Wahl der jeweiligen Sensorkonfiguration nur die sensorkonfigurationsunabhängigen reglerinternen Größen verarbeitet und die Ansteuersignale S_{ij} ausgibt. Hierzu ist der erste Bereich 101b derart ausgelegt, daß ausgehend von den Sensorsignalen einer Sensorkonfiguration die reglerinternen Größen gebildet werden.

Durch diese Unterteilung in einen sensorkonfigurationsunabhängigen Teil 101a und einen sensorkonfigurationsabhängigen Teil 101b wird die Flexibilität des erfindungsgemäßen Regelsystems nochmals erhöht. Soll nun die erfindungsgemäße Regelung an ein Fahrzeug angepaßt werden, so ist lediglich notwendig, den Teil 101b an die jeweils vorhandene Sensorkonfiguration anzupassen, während der Reglerteil 101a unverändert bleiben kann. Hierdurch wird ein geringer Entwicklungs- beziehungsweise Applikationsaufwand ermöglicht.

Um auch zu diesem Teil der Erfindung mehr ins Detail zu gehen, soll nochmals auf die Fig. 2, 3, 4 und 5 hingewiesen werden. Die schon beschriebenen Blöcke in diesen Figuren sind jeweils in zwei Bereiche mit der Kennzeichnung a und der Kennzeichnung b aufgeteilt. Dies entspricht jeweils dem beschriebenen sensorkonfigurationsunabhängigen Teil (Kennzeichnung mit dem Buchstaben a) und dem sensorkonfigurationsabhängigen Teil (Kennzeichnung mit dem Buchstaben b). So werden also die Fahrdynamikmodule Situationserkennung, Sollwertvorgabe und Fahrzeugregelung in sensorkonfigurationsunabhängige und sensorkonfigurationsabhängige Bereiche aufgespalten. In den sensorkonfigurationsunabhängigen Bereichen (beispielsweise Fahrzeugmodell, Reglerkern) wird die Fahrzeugbewegungsgröße $f_{z\text{ist}}$ beziehungsweise $f_{z\text{soll}}$ verwendet, die immer gleich normiert ist (zum Beispiel auf Querbeschleunigung oder Giergeschwindigkeit). Bei der Wahl einer and ren Sensorkonfiguration ändern sich diese

Bereiche nicht. Mögliche sensorikonfigurationsabhängige Bereiche sind:

- Berechnung der Fahrzeugbewegungsgröße aus den jeweiligen Sensorgrößen (Blöcke 302 und 501). 5
- Funktionen, die mit verschiedenen Sensorkonfigurationen unterschiedlich realisiert werden (zum Beispiel Schleudererkennung 401).
- Sensorikonfigurationsabhängige Verbesserung der Grundfunktion (zum Beispiel Teile des Zusatzreglers 310). 10

Zusammenfassend läßt sich zu dem vorgestellten Ausführungsbeispiel folgendes sagen:

Das im Ausführungsbeispiel vorgestellte Fahrdynamikregelungssystem baut auf verschiedenen Stand alone Serienreglern auf (Antiblockiersystem, Antriebsschlupfregelung, Getriebesteuerung). Die Standardsensorik besteht beispielsweise bei einem Antiblockiersystem oder einer Antriebsschlupfregelung in erster Linie aus den Raddrehzahlsensoren. Bei einer Getriebesteuerung werden zusätzlich im allgemeinen noch die Motordrehzahl und/oder die Getriebeeingangsdrehzahl sowie die Abtriebsdrehzahl am Getriebe und die Motorlast gemessen. Zusätzlich zu dieser Standardsensorik werden nun der Lenkwinkel und die Giergeschwindigkeit und/oder die Querschleunigung des Fahrzeugs über Sensoren erfaßt. Weitere benötigte Größen werden auf Basis der vorhandenen Sensorik geschätzt. Das Hauptziel des beschriebenen Ausführungsbeispiels besteht darin, daß Fahrzeug in kritischen Fahrsituationen zu stabilisieren. Die Verbesserung der Stabilisierung in kritischen Fahrzuständen ist insbesondere aber nicht nur bei starken Bremsmanövern zu gewährleisten. 35

Patentansprüche

1. Fahrdynamikregelssystem zur Regelung einer die Bewegung eines Fahrzeugs repräsentierenden Bewegungsgröße, wobei wenigstens Aktuatoren (106ij) zur Aufbringung einer Bremskraft an den Rädern vorgesehen ist, mit

- Erfassungsmitteln (103ij, 104, 105) zur Erfassung der Drehbewegungen (N_{ij}) der Räder, einer den Lenkeinschlag repräsentierenden Größe (δv) und wenigstens einer die Querbewegung oder die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe (ay, ω), und
- Reglermitteln (101), mittels der Signale (S_{ij}) zur Beeinflussung der Aktuatoren (106ij) derart gebildet werden, daß eine wenigstens von der erfaßten Querbewegung oder die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe (ay, ω) abhängige Regelgröße (fz_{ist}) auf einen innerhalb zweier bestimmter Grenzwerte (fz_{min}, fz_{max}) liegenden Sollbereich geregelt wird. 50

2. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (201) zur Bestimmung der zwei Grenzwerte (fz_{min}, fz_{max}) vorgesehen sind, mittels der diese Grenzwerte wenigstens abhängig von einer der durch die Erfassungsmittel (103ij, 104, 105) erfaßten Größen ($\delta v, N_{ij}, ay, \omega$) bestimmt werden. 60

3. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Grenzwerte (fz_{min}, fz_{max}) unabhängig voneinander bestimmt werden. 65

4. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Grenzwert (fz_{min}) derart bestimmt wird, daß das Fahrzeug der aus dem erfaßten Lenkeinschlag abgeleiteten gewünschten Fahrzeugreaktion folgt, und der obere Grenzwert (fz_{max}) derart bestimmt wird, daß eine aus den erfaßten Größen abgeleitete Fahrzeugstabilität gewährleistet ist.

5. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu den Reglermitteln (101) weitere Reglermittel (102) vorgesehen sind, mittels der Ansteuersignale (A_{ij}) der Aktuatoren (106ij) im Sinne einer Regelung einer wenigstens abhängig von den erfaßten Drehbewegungen (N_{ij}) der Räder ermittelten weiteren, von der Regelgröße (fz_{ist}) der Reglermittel (101) unterschiedlichen Regelgröße gebildet werden.

6. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgröße eine wenigstens indirekt mit der Querbewegung oder der Gierbewegung des Fahrzeugs zusammenhängende Größe (fz_{ist}) gewählt wird und als weitere Regelgröße eine wenigstens aus den erfaßten Drehbewegungen (N_{ij}) der Räder abgeleitete den Radschlupf und/oder die Radverzögerung repräsentierende Größe bestimmt wird.

7. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Signale (S_{ij}) zur Beeinflussung der Aktuatoren (106ij) der Reglermittel (101) nur dann die Aktuatoren (106ij) beeinflußt werden, wenn die den Reglermitteln (101) zugrundeliegende Regelgröße (fz_{ist}) außerhalb des Sollbereichs liegt oder den Sollbereich verläßt.

8. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (203) zur Situationserkennung vorgesehen sind, mittels der eine den momentanen Fahrsituationszustand repräsentierende Größe ($fz_{stab}, w_{split}, \mu$) ermittelt wird und diese Größe ($fz_{stab}, w_{split}, \mu$) zur Bestimmung der Grenzwerte (fz_{min}, fz_{max}) herangezogen wird.

9. Fahrdynamikregelssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (203) zur Situationserkennung aus wenigstens

- einer Schleuder-Erkennung (401), mittels der wenigstens abhängig von
 - der erfaßten den Lenkeinschlag repräsentierenden Größe (δv) und
 - der erfaßten wenigstens die Querbewegung oder die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe (ay, ω)

mittels eines Fahrzeugmodells eine die Fahrzeugstabilität repräsentierende Größe (fz_{stab}) gebildet wird,

- einer μ -Split-Erkennung (402), mittels der wenigstens abhängig von
 - der erfaßten den Lenkeinschlag repräsentierenden Größe (δv) und
 - der erfaßten wenigstens die Querbewegung oder die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe (ay, ω) und
 - den Ansteuersignalen (A_{ij}) der Aktuatoren (106ij)

eine Größe (w_{split}) gebildet wird, die dafür repräsentativ ist, ob die Reibwerte der Fahrbahn auf der rechten und linken Fahrzeugseite in

einem bestimmten Maß unterschiedlich sind,
oder

— einer Reibwert-Erkennung (403), mittels der
wenigstens abhängig von

— der erfaßten den Lenkeinschlag reprä- 5
sentierenden Größe (δv) und

— der erfaßten wenigstens die Querbe-
wegung oder die Gierbewegung d s
Fahrzeugs repräsentierenden Größe (a_y ,
 ω) 10

mittels eines Fahrzeugmodells eine den Reib-
wert der Fahrbahn repräsentierende Größe
(μ) gebildet wird,

besteht.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

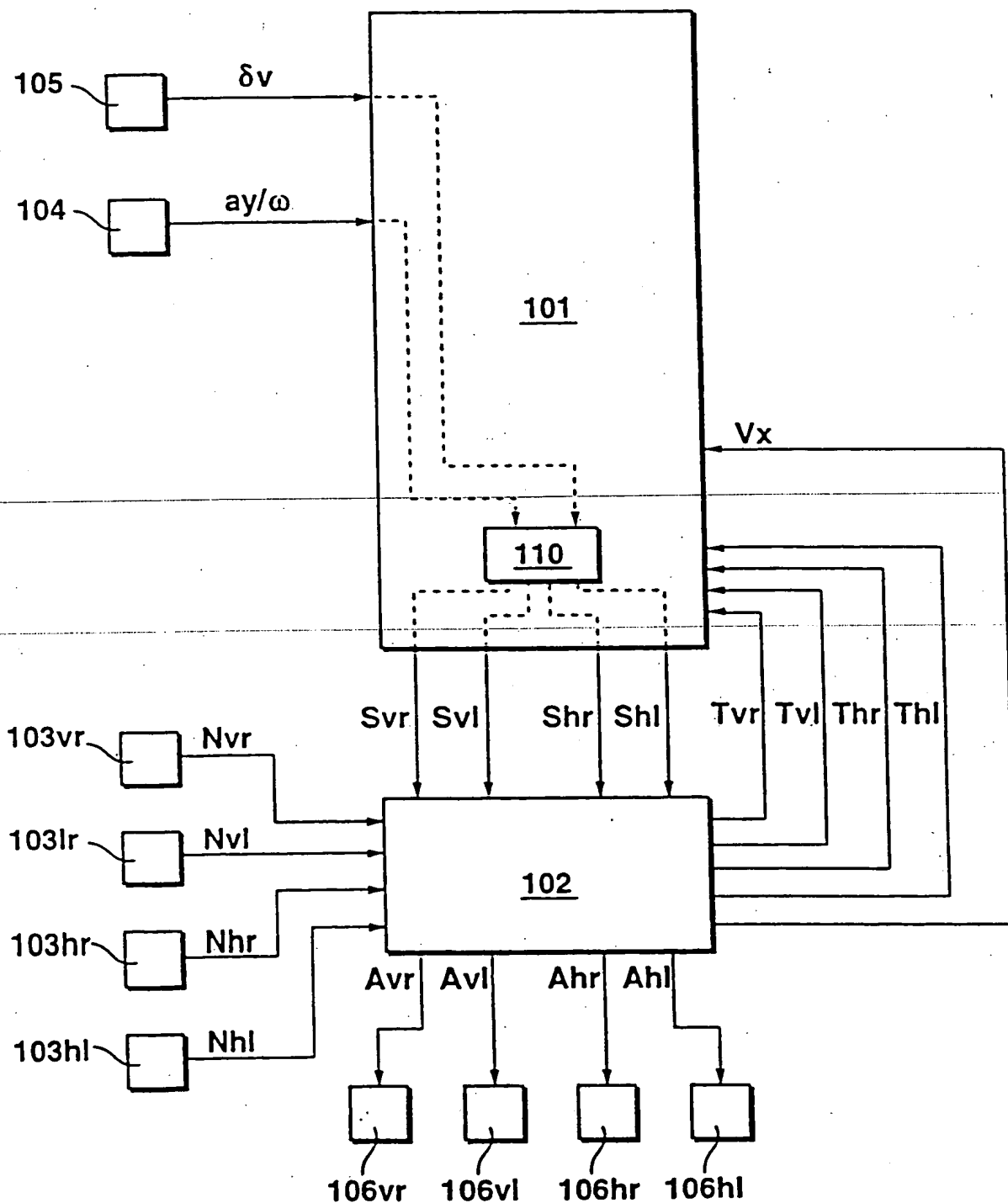


Fig. 2

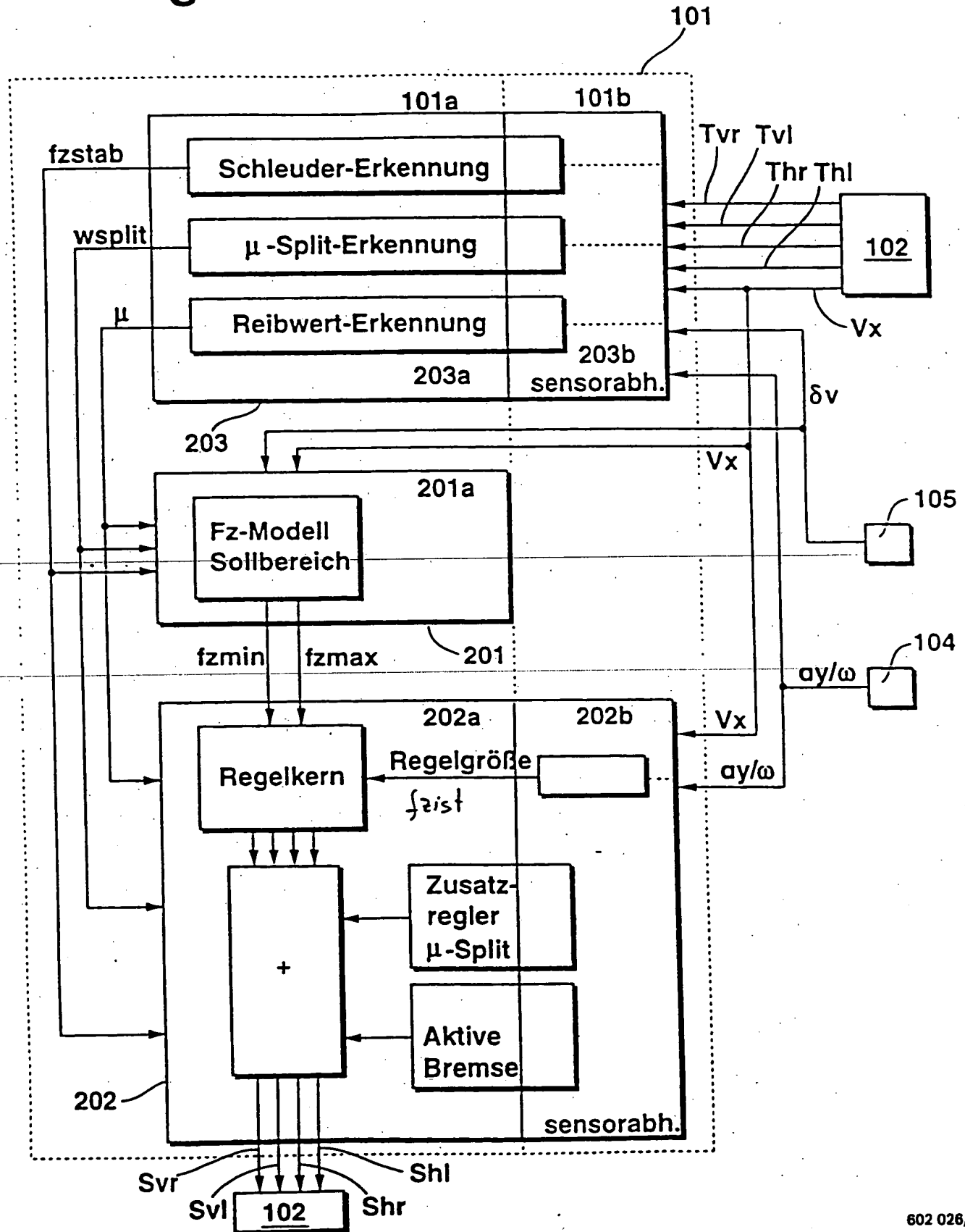


Fig. 3

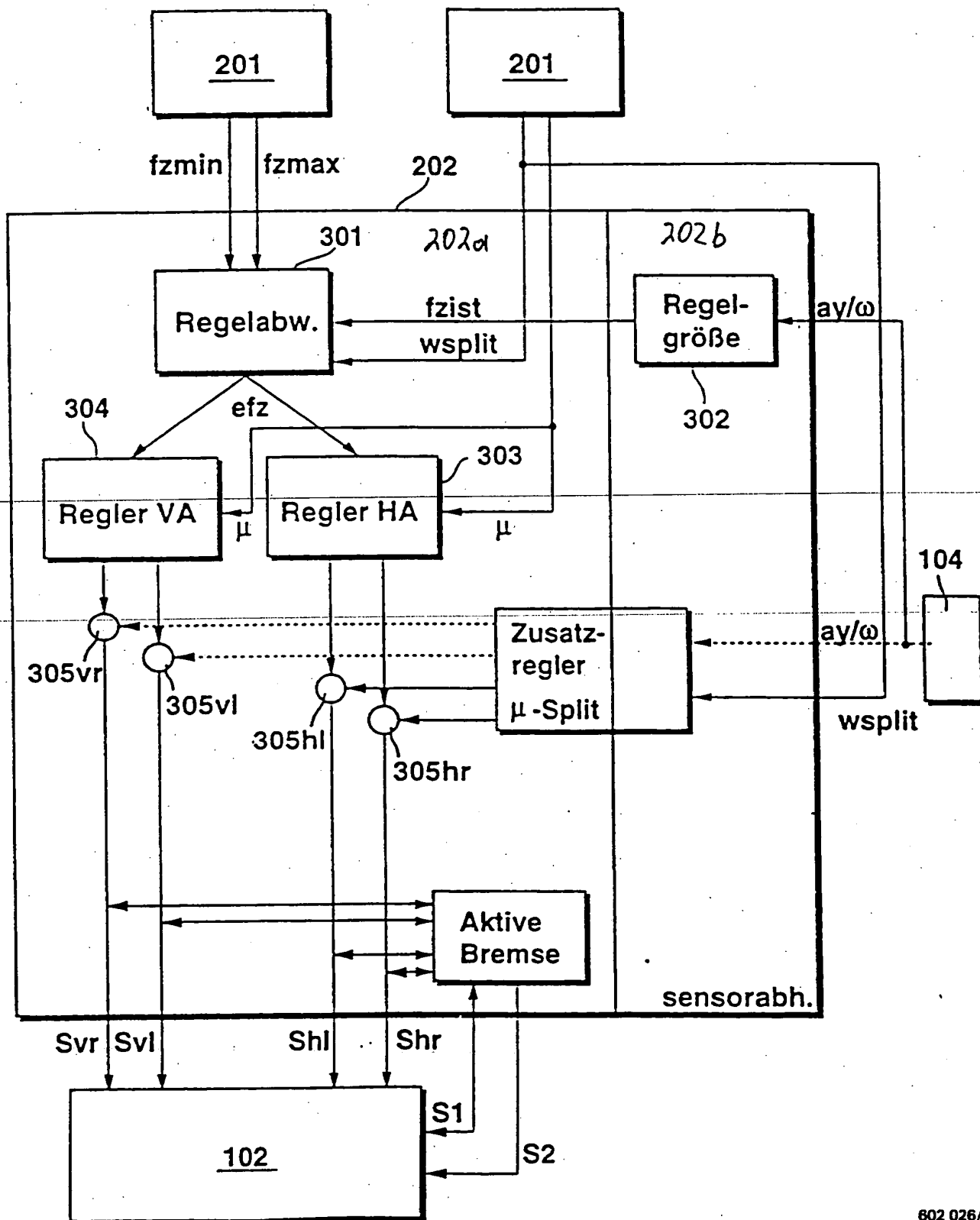


Fig. 4

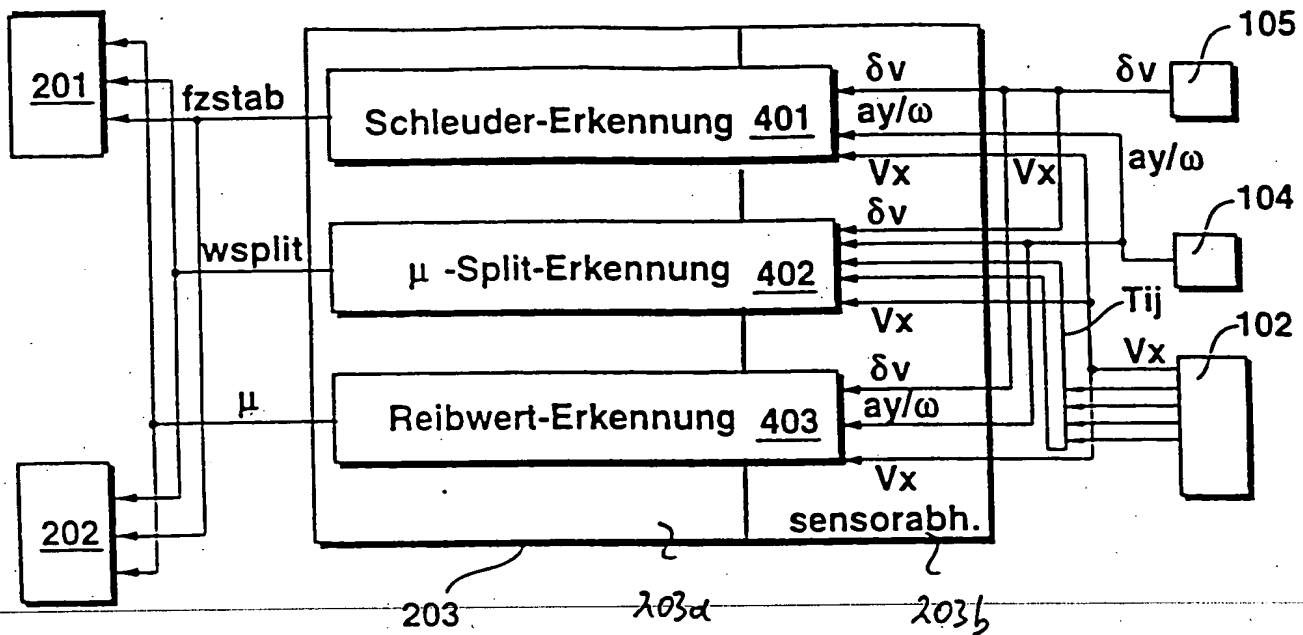


Fig. 5

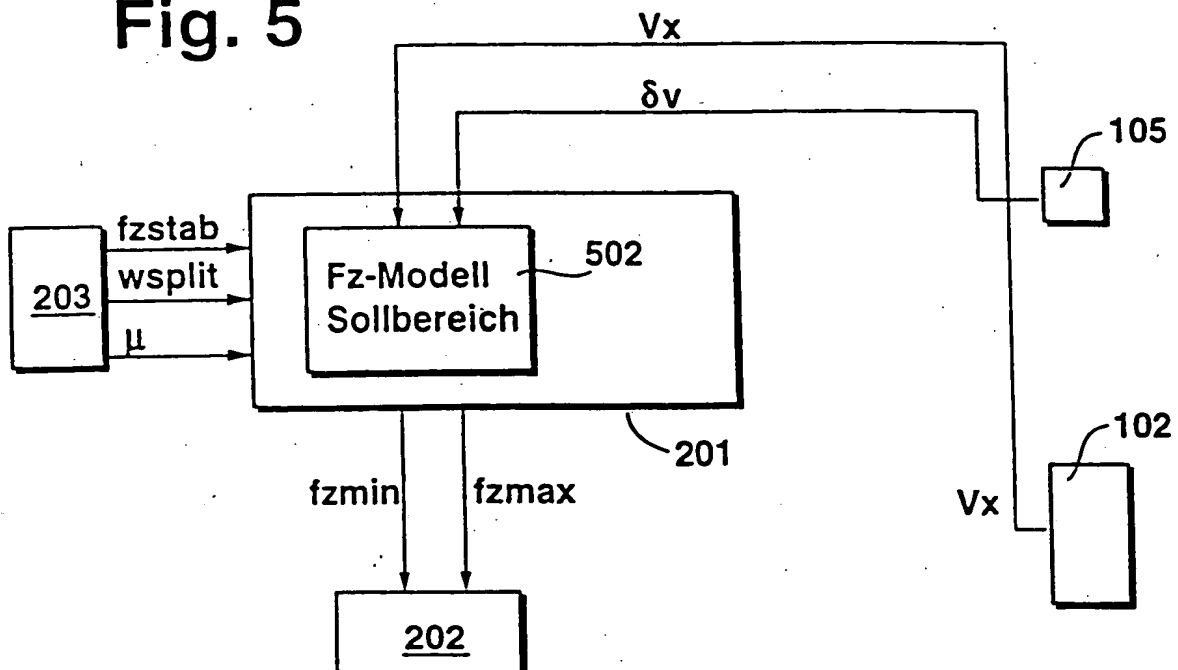


Fig. 6

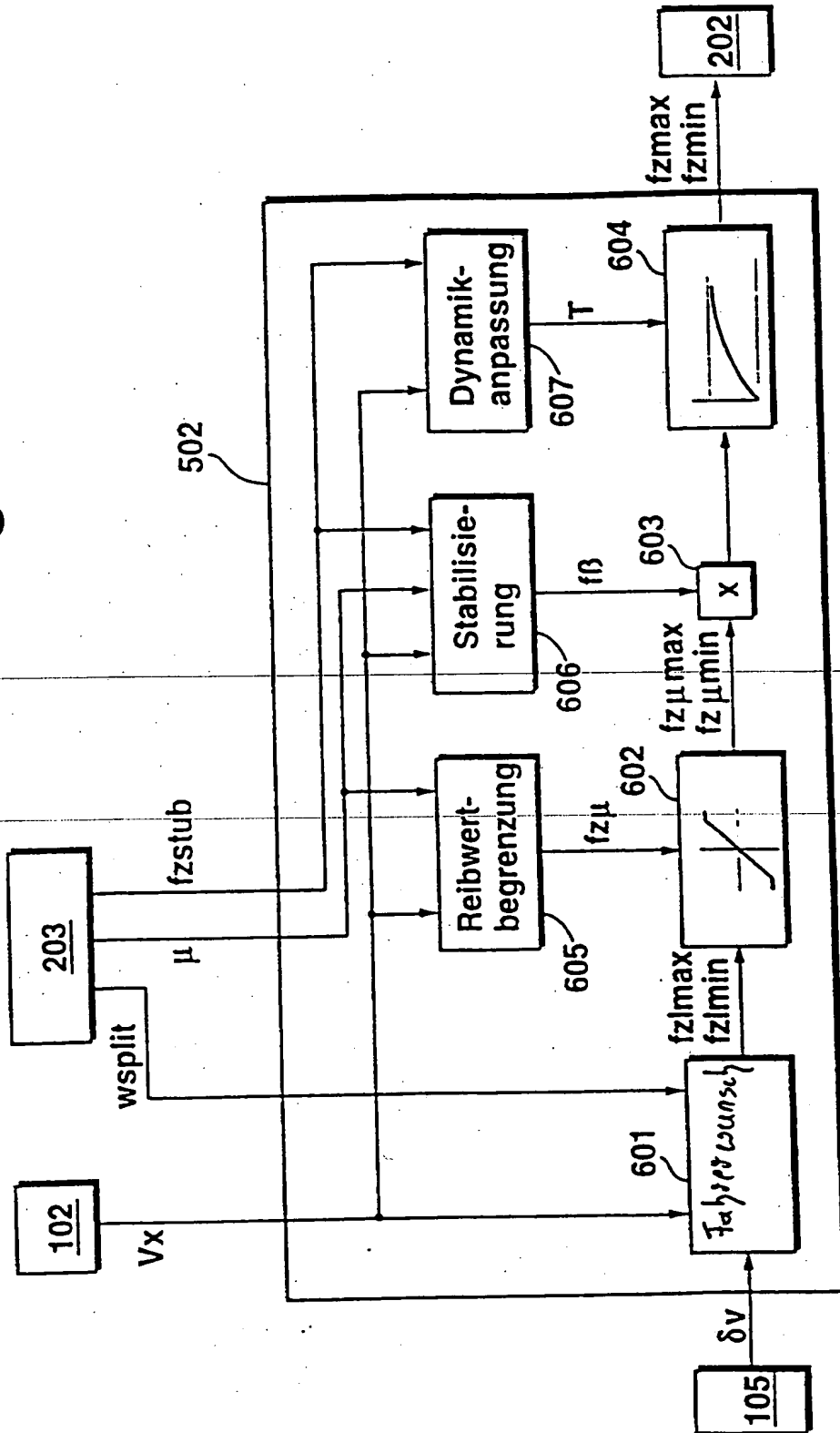


Fig. 7

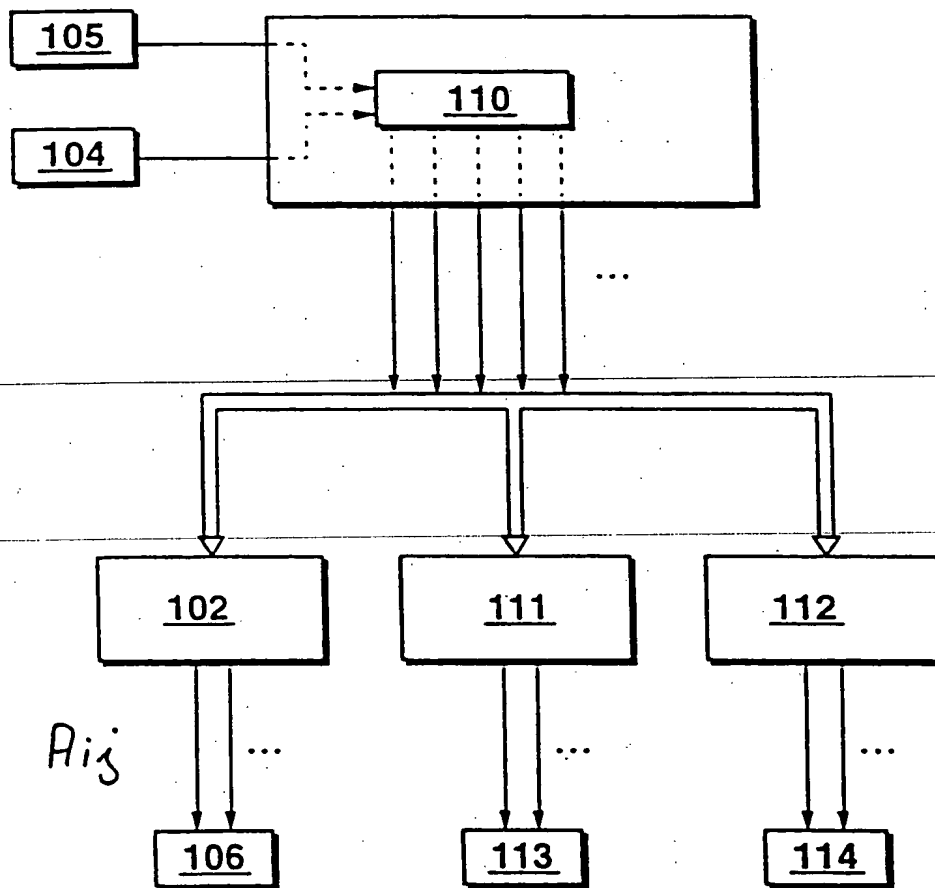


Fig. 8

